

양산단계 무기체계 신뢰성 향상을 위한 위조 전자부품 식별 및 검증 방안에 대한 연구

김병준*

A Study on Counterfeit Electronic Parts Identification and Verification Methods to Improve the Reliability of Weapons Systems in Mass Production Phase

Byung-Jun Kim*

요 약

급속한 속도로 과학기술이 나날이 발전하고 있는 현 추세와 더불어 방위산업의 주요특성인 개발기간의 장기화, 설계의 복잡성, 긴 수명주기로 인한 높은 부품단종 가능성, 소량생산 등으로 인해 위조 전자부품이 유입되어 무기체계의 신뢰성 저하를 유발시킬 가능성이 가중되고 있다. 본 논문은 개발이 완료되어 양산중인 무기체계를 대상으로 위조 전자부품 검증을 위한 구체적인 식별기준을 도출하고, 다양한 식별 및 검증방안을 제시한다.

ABSTRACT

Due to the rapid development of science technology and the main characteristics of the defense industry, such as long development period, design complexity, high possibility of discontinuing parts due to long life cycle, and small quantity production, it can cause increasing of the inflow possibility of counterfeit electronic parts and deteriorating the reliability of weapons systems. This paper presents the specific criteria for the identification of electronic parts to be verified for mass produced weapons systems after the development is completed, and the identification and verification methods for the inflow of counterfeit electronic components.

키워드

Counterfeit Electronic Parts, Mass Production Phase, Q-Cost, Reliability
위조 전자 부품, 양산 단계, 품질 비용, 신뢰성

1. 서 론

위조 전자부품(Counterfeit Electronic Parts)은 법적인 근거 없이 정품과 동일하게 복제되어 대체 될 수 있는 전자부품 또는 공급업체에 의해 부품의 재료, 성능, 특성이 거짓으로 표기 된 전자부품을 일컫는다

[1]. 급속한 속도로 첨단 과학기술이 나날이 발전하고 있는 제4차 산업혁명의 시대적 배경과 더불어 방위산업의 주요특성인 개발기간의 장기화, 설계의 복잡성, 긴 수명주기로 인한 높은 부품단종 가능성, 소량생산 등으로 인해 위조 전자부품이 유입되어 무기체계의 신뢰성 저하를 유발 시킬 가능성이 가중되고 있으며

* 교신저자 : 국방기술품질원 지휘정찰센터

• 접수 일 : 2020. 04. 15
• 수정완료일 : 2020. 06. 15
• 게재확정일 : 2020. 08. 15

• Received : Apr. 15, 2020, Revised : Jun. 15, 2020, Accepted : Aug. 15, 2020

• Corresponding Author : Byung-Jun Kim

Dept. C4ISR Systems Center, Defense Agency for Technology and Quality
Email : bj3102@daq.re.kr

이로 인해 국가의 안보와 안전까지 위협 받을 수도 있다[2-4]. 제4차 산업혁명 시대의 방위산업은 특히 지휘통제시스템을 통한 무기체계 간 네트워크 연결을 이용한 전장 상황의 실시간 공유를 통해 효과적인 전술운영을 추구하는 방향으로 패러다임이 변화될 것으로 예상된다[5]. 이는 지휘통제시스템 무기체계 분야의 최첨단 기술인 고 해상도 영상 전송 기술, 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare) 기술, 보안을 위한 암호화 기술 등이 향후 방위산업의 핵심기술로 자리매김 할 것을 뜻한다[6-7]. 이러한 최첨단기술을 독자적으로 개발하거나 해외로부터 도입하여 우리의 무기체계 특성에 알맞게 적용하고, 고장 없이 운용하기 위해서는 개발인력들의 역량도 중요하지만 무기체계를 구성하는 각각의 부품들, 그 중에서도 특히 전자부품의 신뢰성 또한 필수적으로 보장되어야 한다. 본 논문은 최근 개발이 완료되어 양산중이거나, 최초 양산 예정인 무기체계를 대상으로 위조여부 검증대상 전자부품 식별을 위한 기준을 수립하고, 이에 따라 식별된 부품에 대해서 위조 여부 식별 및 검증을 위한 구체적 시험 방안을 제시하고, 수행을 통한 기대 효과에 관한 연구 결과이다.

논문의 제1장은 무기체계의 위조 전자부품과 관련된 연구 수행배경과 목적을 명시하고, 제2장은 위조여부 검증대상 전자부품 식별을 위한 구체적인 기준을 제시하고 있으며, 제3장과 제4장은 식별된 전자부품을 대상으로 적용 가능한 다양한 식별 및 검증방안을 제시하고 있으며, 제5장은 연구 성과를 분석하고, 마지막 제6장은 결론 및 향후 연구방향에 대하여 작성하였다.

II. 검증대상 전자부품 식별 기준 제시

2.1 위조 전자부품 발생 추세와 영향

위조 전자부품 발생 추세를 살펴보면 이미 단종되었거나, 단종이 예상되는 품목이 차지하는 비율이 매년 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 저항, 코일과 같은 수동소자에 비해 취득단가가 높고 상대적으로 시스템에서 중추적인 기능을 수행하는 능동소자의 비중이 높다. 또한 전자부품 원제작사(OCM, Original Component Manufacturer)로부터 직접구매 또는 원제

작사로부터 인증 받은 대리점(Distributor) 등 검증된 공급망(Supply Chain)을 통한 구매가 아닌 비 인증 대리점 및 검증되지 않은 공급망을 통한 재고품(Stock) 구매 시 위조품이 유입될 가능성이 높다[8]. 또한 위조 전자부품 유입으로 인해 정부, 기업, 소비자 측면에서 각각 발생 가능한 영향들은 표 1과 같다 [9].

표 1. 위조 전자부품 유입으로 발생 가능한 영향
Table 1. Possible effects of counterfeit electronic parts

Government	Industry	Consumer
1) National security or civilian safety issues	1) Cost to mitigate this risk	1) Cost when products fail due to lower quality and reliability of counterfeit parts
2) Cost of enforcement	2) Costs to replace failed parts	
3) Lost tax revenue due to illegal sales of counterfeit parts	3) Lost sales	2) Potential safety concerns
	4) Lost brand value or damage to business image	

2.2 검증대상 전자부품 식별 기준 제시

위조 전자부품 발생 추세 및 현황을 고려하여 다음과 같이 위조여부 식별 및 검증대상이 되는 전자부품의 식별 기준을 제시한다.

표 2. 검증대상 전자부품 식별 기준
Table 2. Identification criteria for electronic parts to be verified

No.	Identification Criteria	Detailed contents
1	Discontinued or Expected Discontinue Parts	Identifies Electronic Parts that have received a Discontinued or Expected Discontinue letter of notification from OCM or Official route.
2	Electronic Parts purchased through Unverified Routes	Identifies Electronic Parts that have purchased through non-OCM certified Distributor or Unproven Supply chain.

III. 글로벌 데이터베이스 시스템을 통한 위조 전자부품 식별 및 검증방안 제시

3.1 ERAI 시스템 소개

생산현장에 직접 방문하여 부품에 대한 물리적인 확인 전에 ERAI와 같은 데이터베이스 시스템에서 제공하는 정보를 통해 위조품 발생이력 여부, 고위험 및 부적합 품목여부 등을 추가적으로 식별하면 더욱 신뢰성 높은 검증을 수행할 수 있다. 대표적인 데이터베이스 시스템 중 하나 인 ERAI(Electric Resellers Association Inc.)는 전자부품의 공급망에 영향을 미치는 문제들을 모니터링하고, 조사 및 보고하는 미국에 기반을 둔 글로벌 정보 서비스 회사이다. ERAI의 라이선스를 보유하고 있는 회원사들에게 다양한 위험 평가 도구와 방대한 데이터베이스를 통해 분석된 위조품, 고위험 및 부적합 부품에 관한 정보를 제공하고 있으며, 공급망 내 전 부문의 구매자와 판매자가 부품 구매 및 판매 시 발생 가능한 위험을 사전에 최소화함으로써 손실을 방지하는 도움을 주고 있다. 그림 1은 ERAI 시스템을 통한 고위험, 위조 의심 또는 식별이력 부품 검증화면 예시이다.

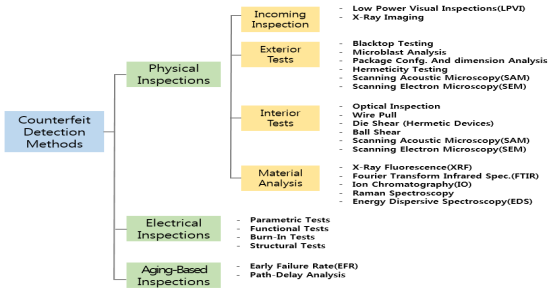


그림 2. 위조품 식별 및 검증 방법의 분류
Fig. 2 Taxonomy of counterfeit parts detection methods

3.2 ERAI 시스템을 통한 위조 전자부품 식별 및 검증 수행 예시

표 1의 기준에 따라 최최양산 중인 0000 무기체계에서 식별한 전자부품 2종을 ERAI 시스템을 통해 위조품 여부 식별 및 검증을 시범적으로 수행한 결과는 표3과 같다.

표 3. ERAI 시스템을 통한 시범 수행 결과
Table 3. Result of confirmation by ERAI system

No.	Part Number (OCM/Country)	Result of Confirmation by ERAI Information System
1	PC28F00AP3 3EFA (MICRON TECHNOLOGY/US)	No Counterfeit related history. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Search Criteria Part Number: PC28F00AP3 Manufacturer: MICRON TECHNOLOGY INC Component Type: MEMORY IC </div> No high risk parts were found matching your criteria.
2	HMC915LP4E (ANALOG DEVICE/US)	No Counterfeit related history. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Search Criteria Part Number: HMC915LP4E Manufacturer: ANALOG DEVICES INC Component Type: N/A </div> No high risk parts were found matching your criteria.

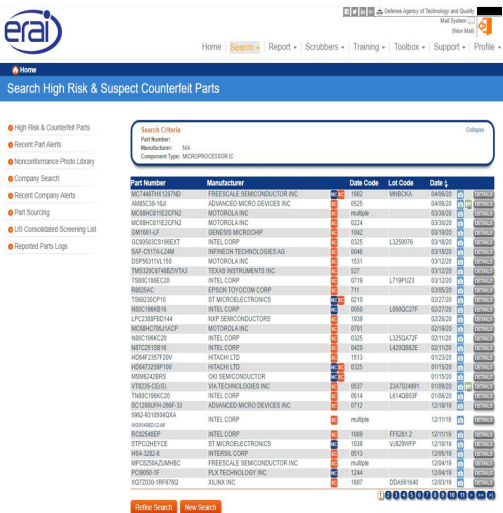


그림 1. ERAI 시스템 검증화면 예시
Fig. 1 ERAI System verification screen example

IV. 생산현장 직접 확인을 통한 위조 전자부품 식별 및 검증방안 제시

4.1 구체적인 식별 및 검증 방안 선정

생산현장에서 위조 전자부품에 대한 식별 및 검증

은 그림 2에 나열 된 다양한 검사 방법들을 적용하여 수행가능하다[9].

본 연구에서는 양산단계 무기체계의 전력화 일정 및 사업비용 등 현실적인 요소들을 고려하여 그림 2에 따른 물리적 검사(Physical Inspections) 분류에서 비파괴 검사에 해당되는 포장 및 치수검사, 정밀 외관 검사(LPVI, Low Power Visual Inspection), X-Ray 검사, 마킹 내구성 검사(Blacktop Inspection)를 선정하여 검증방안으로서 제시하고, 결과에 대한 적절한

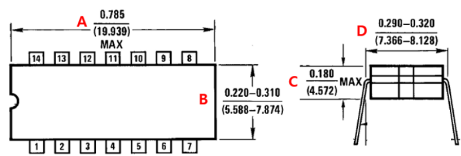

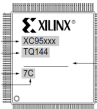

예시를 제시하여 이해를 돕고자 한다.

4.2 검증 방안 별 수행 목적 및 결과 예시

4.2.1 포장 및 치수검사

진자부품의 OCM에서 제시하는 데이터시트 또는 카탈로그와 같은 공식적인 제조·기술 자료에 명시된 사항을 기준으로 실제 부품의 물리적 형상 및 마킹 정보 일치여부 확인과 치수 측정 등을 통해 위조품 여부 식별 및 검증이 목표이며, 결과에 대한 예시를 다음과 같이 제시한다.

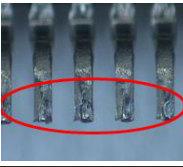

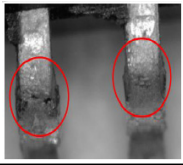
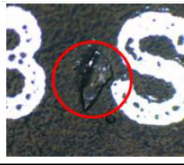
표 4. 포장 및 치수검사 결과 예시
Table 4. Example of package and dimension inspection result

No.	Part Number (Part Name)	Inspection Criteria (Physical Dimension Information / Marking Information)	Measurement result and Actual shape information	Result																																																																																																						
1	54F14DMQB (Hex Inverter Schmitt Trigger)	 <p>Temperature Range Family 74F = Commercial 54F = Military</p> <p>Device Type P = Plastic DIP D = Ceramic DIP F = Flatpak L = Leadless Chip Carrier (LCC) S = Small Outline SOIC JEDEC SJ = Small Outline SOIC EIAJ</p> <p>Special Variations OB = Military grade device with environmental and burn-in processing X = Devices shipped in 13" reels</p> <p>Package Code C = Commercial (0°C to +70°C) M = Military (-55°C to +125°C)</p>	<p>1) Number of Leads : 14 (O)</p> <p>2) Physical configuration : Matched with Data sheet (O)</p> <p>3) Dimension measurement : · A : 00.000 mm (O) · B : 00.000 mm (O) · C : 00.000 mm (O) · D : 00.000 mm (O)</p> 	Matched																																																																																																						
2	XC9536-10VQ44 (Programmable CPLD)	 <p>Line 1 = X (Xilinx logo), then truncated part number (no XC), i.e., 95xxx. Line 2 = Not related to device part number. Line 3 = Not related to device part number. Line 4 = Package code, speed, operating temperature, three digits not related to device part number. Package code: C1 = CS48.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Device Ordering and Part Marking Number</th> <th>Speed (pin-to-pin delay)</th> <th>Pkg. Symbol</th> <th>No. of Pins</th> <th>Package Type</th> <th>Operating Range⁽¹⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>XC9536-10VQG44C</td> <td>10 ns</td> <td>VQG44</td> <td>44-pin</td> <td>Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10CS48C</td> <td>10 ns</td> <td>CS48</td> <td>48-ball</td> <td>Chip Scale Package (CSP)</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10CSG48C</td> <td>10 ns</td> <td>CSG48</td> <td>48-ball</td> <td>Chip Scale Package (CSP); Pb-Free</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10PC44I</td> <td>10 ns</td> <td>PC44</td> <td>44-pin</td> <td>Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10PG44I</td> <td>10 ns</td> <td>PG44</td> <td>44-pin</td> <td>Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10VQ44I</td> <td>10 ns</td> <td>VQ44</td> <td>44-pin</td> <td>Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10VQ44I</td> <td>10 ns</td> <td>CS48</td> <td>48-ball</td> <td>Chip Scale Package (CSP)</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-10CSG48I</td> <td>10 ns</td> <td>CSG48</td> <td>48-ball</td> <td>Chip Scale Package (CSP); Pb-Free</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15PC44C</td> <td>15 ns</td> <td>PC44</td> <td>44-pin</td> <td>Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15PG44C</td> <td>15 ns</td> <td>PG44</td> <td>44-pin</td> <td>Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15VQ44C</td> <td>15 ns</td> <td>VQ44</td> <td>44-pin</td> <td>Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15VQ44C</td> <td>15 ns</td> <td>VQ44</td> <td>44-pin</td> <td>Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15PC44I</td> <td>15 ns</td> <td>PC44</td> <td>44-pin</td> <td>Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15PG44I</td> <td>15 ns</td> <td>PG44</td> <td>44-pin</td> <td>Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15VQ44I</td> <td>15 ns</td> <td>VQ44</td> <td>44-pin</td> <td>Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>XC9536-15VQ44I</td> <td>15 ns</td> <td>VQ44</td> <td>44-pin</td> <td>Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free</td> <td>I</td> </tr> </tbody> </table> <p>Note: 1. C = Commercial; T_a = 0° to +70°C; I = Industrial; T_a = -40° to +85°C.</p>	Device Ordering and Part Marking Number	Speed (pin-to-pin delay)	Pkg. Symbol	No. of Pins	Package Type	Operating Range ⁽¹⁾	XC9536-10VQG44C	10 ns	VQG44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free	C	XC9536-10CS48C	10 ns	CS48	48-ball	Chip Scale Package (CSP)	C	XC9536-10CSG48C	10 ns	CSG48	48-ball	Chip Scale Package (CSP); Pb-Free	C	XC9536-10PC44I	10 ns	PC44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)	I	XC9536-10PG44I	10 ns	PG44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free	I	XC9536-10VQ44I	10 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)	I	XC9536-10VQ44I	10 ns	CS48	48-ball	Chip Scale Package (CSP)	I	XC9536-10CSG48I	10 ns	CSG48	48-ball	Chip Scale Package (CSP); Pb-Free	I	XC9536-15PC44C	15 ns	PC44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)	C	XC9536-15PG44C	15 ns	PG44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free	C	XC9536-15VQ44C	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)	C	XC9536-15VQ44C	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free	C	XC9536-15PC44I	15 ns	PC44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)	I	XC9536-15PG44I	15 ns	PG44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free	I	XC9536-15VQ44I	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)	I	XC9536-15VQ44I	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free	I	<p>1) Number of Leads : 44 (O)</p> <p>2) Physical configuration : Matched with Data sheet (O)</p> <p>3) Package Symbol : VQ44 (O)</p>  <p>4) Marking information : · Line 1 : XC9536 → Marking letter and position are matched with Data sheet (O) · Line 4 : 101 → Marking letter is matched but position is unmatched with Data sheet (X)</p>	Unmatched
Device Ordering and Part Marking Number	Speed (pin-to-pin delay)	Pkg. Symbol	No. of Pins	Package Type	Operating Range ⁽¹⁾																																																																																																					
XC9536-10VQG44C	10 ns	VQG44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free	C																																																																																																					
XC9536-10CS48C	10 ns	CS48	48-ball	Chip Scale Package (CSP)	C																																																																																																					
XC9536-10CSG48C	10 ns	CSG48	48-ball	Chip Scale Package (CSP); Pb-Free	C																																																																																																					
XC9536-10PC44I	10 ns	PC44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)	I																																																																																																					
XC9536-10PG44I	10 ns	PG44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free	I																																																																																																					
XC9536-10VQ44I	10 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)	I																																																																																																					
XC9536-10VQ44I	10 ns	CS48	48-ball	Chip Scale Package (CSP)	I																																																																																																					
XC9536-10CSG48I	10 ns	CSG48	48-ball	Chip Scale Package (CSP); Pb-Free	I																																																																																																					
XC9536-15PC44C	15 ns	PC44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)	C																																																																																																					
XC9536-15PG44C	15 ns	PG44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free	C																																																																																																					
XC9536-15VQ44C	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)	C																																																																																																					
XC9536-15VQ44C	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free	C																																																																																																					
XC9536-15PC44I	15 ns	PC44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC)	I																																																																																																					
XC9536-15PG44I	15 ns	PG44	44-pin	Plastic Lead Chip Carrier (PLCC); Pb-Free	I																																																																																																					
XC9536-15VQ44I	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP)	I																																																																																																					
XC9536-15VQ44I	15 ns	VQ44	44-pin	Very Thin Quad Flat Pack (VOFP); Pb-Free	I																																																																																																					

4.2.2 정밀 외관검사

정밀 외관검사는 수입검사 단계에서 가장 널리 수행되는 검사 중 하나로서 전자현미경, 확대경 등 정밀 광학장비를 통해 각 전자부품의 리드 부식여부 또는 재작업 흔적, 도금부위 변색여부 또는 재도금 흔적 등 외관에 대한 특이사항 확인을 통한 위조품 여부 식별 및 검증이 목표이며, 결과에 대한 예시를 표 5와 같이 제시 한다.

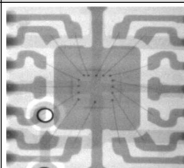
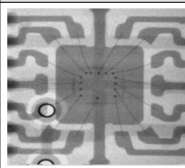
표 5. 정밀 외관검사 결과 예시
Table 5. Example of LPVI result

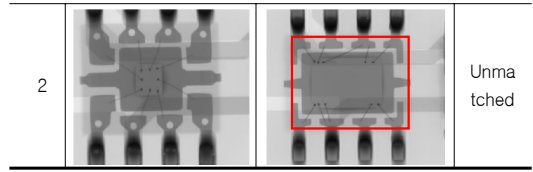
No.	Outer Lead Condition	Marking and Package Condition	Result
1			Not Good
2			Not Good

4.2.3 X-Ray 검사

내부구조 확인을 위한 대표적인 비파괴 검사방법으로서 개발단계에서 시험을 통해 정상작동 여부가 이미 확인 된 정상부품과 검증대상 부품에 각각 X-Ray를 투과하여 내부 Die와 결합선 상태에 대한 비교 검사 수행을 통해 위조품 여부 식별 및 검증이 목표이며, 결과에 대한 예시를 표 6과 같이 제시 한다.

표 6. X-Ray 검사 결과 예시
Table 6. Example of X-Ray imaging inspection result


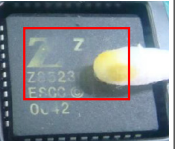

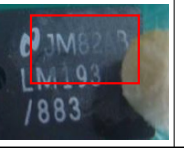
No.	X-Ray Image of Proven Parts	X-Ray Image of Parts that need verification	Result
1			Matched



4.2.4 마킹 내구성 검사

금속, 섬유 제품 등의 탈지 등에 쓰이는 퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene) 성분의 세척제를 면봉에 도포하여, 전자부품의 마킹 부위를 수차례 문지른 후 인쇄상태 삭제 및 손상여부 확인을 통해 위조품 여부 식별 및 검증이 목표이며, 결과에 대한 예시를 표 7과 같이 제시한다.

표 7. 마킹 내구성 검사 결과 예시
Table 7. Example of blacktop inspection result

No.	Before test	After test	Result
1			Not Good
2			Not Good

V. 연구 성과 분석

본 연구에서 수립한 기준에 따라 검증대상 전자부품을 식별한 후, 현실적인 요소들을 고려하여 선정 한 위조여부 식별 및 검증 시험들을 수행하였을 때, 다음 세 가지 측면에서 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

첫 번째, 주요 성능과 관련 된 전자부품에 대한 위조품 유입 사전차단을 통해서 개발·설계 시 의도 된 MTBF(Mean Time Between Failure)를 보장 가능하게 됨으로써 무기체계의 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있다. 관련 수식을 통해 알아보면, 먼저 MTBF의 산출 식은 식 (1)과 같다[10].

$$M = MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (1)$$

λ : 시스템(또는 부품의) 고장률

무기체계 시스템에 중복(Redundancy)설계가 없다고 가정 할 시 내부의 부품들 간 기능적 인과관계를 그림 3의 블록 다이어그램으로 표현할 수 있다.

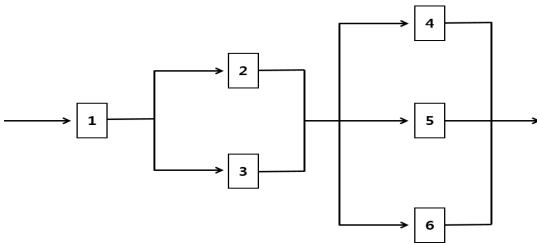


그림 3. 부품들 간 기능적 인과관계 블록 다이어그램
Fig. 3 Functional causality block diagram between parts

이때 각 부품들은 시스템의 성능구현에 모두 관여하므로 신뢰성 관점에서 그림 4의 블록 다이어그램으로 표현할 수 있다.



그림 4. 부품들 간 신뢰성 관점 블록 다이어그램
Fig. 4 Reliability perspective block diagram between parts

시스템을 구성하는 각 부품들의 MTBF는 식 (2)로 표현할 수 있고,

$$M_i = \frac{1}{\lambda} \quad (i = 1 \dots n) \quad (2)$$

시스템 측면의 MTBF와 고장률은 식 (3)과 식 (4)로 각각 표현 할 수 있다[10].

$$\frac{1}{M_{system}} = \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} + \dots + \frac{1}{M_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{M_i} \quad (3)$$

$$\lambda_{system} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (4)$$

만일 위조품을 사전에 식별하지 못한 채로 생산 공정에 유입되어, 본래의 부품에 요구되는 MTBF를 보장하지 못해서 고장이 발생 될 경우 시스템 전체의 MTBF 및 고장률 저하를 유발하게 됨을 식 (3)과 식 (4)를 통해서 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 위조품 식별 및 검증방안 적용을 통해 무기체계 시스템의 MTBF를 보장하고, 결과적으로 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있다.

두 번째, 무기체계가 납품되어 부대에서 운용되기 전에 전자부품에 대한 위조여부 사전식별 및 검증수행을 통해 Q-Cost를 감소시킬 수 있다. Q-Cost란, 제품 및 서비스 품질과 관련하여 발생하는 모든 비용으로서, 그림 5의 PQC 모델을 통해 구체적으로 분류 및 설명할 수 있다[11].

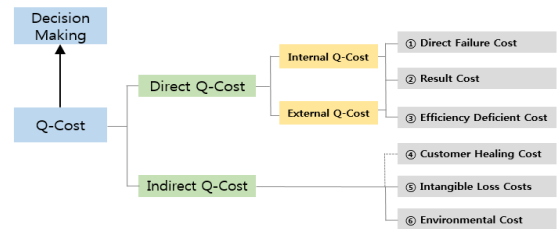


그림 5. 고객과 프로세스에 연관 된 PQC 모델
Fig. 5 PQC model associated with customers and processes

PQC 모델의 가장 하위프로세스 상에서 품질비용은 직접실패비용부터 환경비용까지 총 6가지로 분류할 수 있으며, 위조품 유입으로 인한 불량 조치 시 모든 분류의 비용에서 적지 않은 손실이 발생하게 된다. 따라서 무기체계 납품 전 위조품 식별 및 검증 활동의 선행을 통해 고객 및 프로세스 관점에서 Q-Cost를 감소시킬 수 있다.

세 번째, 무기체계 특히 지휘통제시스템에 적용되는 전자부품의 위조여부에 대한 식별 및 검증방안이 명문화 되어있지 않은 현 시점에 본 연구결과는 좋은 참고자료로서 활용 할 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 최근 개발이 완료되어 양산 중이거나, 최초양산 예정인 무기체계를 대상으로 위조 전자

부품 검증대상 식별을 위한 기준을 수립하고, 식별된 부품에 대해서 현실적인 요소들을 충분히 고려하여 위조여부 식별 및 검증을 위한 시험 방안들을 제시하였다. 본 연구결과 적용을 통해 무기체계의 MTBF를 보장하여 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 고객 및 프로세스 관점에서 Q-Cost를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구결과는 관련 규정이 명문화 되어있지 않은 현 시점에 좋은 참고자료로서 활용 될 것으로 기대된다.

향후에는 양산단계 뿐만 아니라, 무기체계의 개발 단계에서 시제품(Prototype) 생산 전에 위조품 식별 및 검증계획을 수립하고, 추진하여 시험평가 간 위조품으로 인해 발생할 수 있는 고장 및 일정지연 가능성을 최소화 할 수 있도록 일조하겠으며, 본 연구에서 제시하였던 비파괴 시험 외에도 파괴 시험과 성능확인 시험을 추가적으로 수행하여, 더욱 견고하고 다각화 된 위조품 식별 및 검증 수행을 통한 군수품 선행품질 확보를 위해 노력하겠다.

References

- [1] Society of Automotive Engineers, *AS5553(Counterfeit Electrical, Electronic, and Electro mechanical(EEE) Parts; Avoidance, Detection, Mitigation, and Disposition)*. Warrendale: SAE, 2019.
- [2] H. Rok, "Defense Industry Development Plan Based on Defense Company Financial Statement Analysis," *J. of the Korean Accounting Association*, vol. 25, no. 4, 2016, pp. 539-575.
- [3] Z. Chen, "Research on Identifying and Avoiding Counterfeit Electronic Components," *International Conference on Packaging and Manufacturing Technology*, Chengdu, China, 2014, pp. 223-230.
- [4] J. Stradley, "The Electronic Part Supply Chain and Risks of Counterfeit Parts in Defense Applications," *IEEE Transactions on Components and Packing Technologies*, vol. 29, no. 3, 2006, pp. 703-705.
- [5] E. Park, "A Study on the Fourth Industrial Revolution and Defense Industry Development Strategy," *J. of the CEO and Management Studies*, vol. 21, no. 3, 2018, pp. 233-253.
- [6] K. Lee, "A Study on the Improvement of Transmission Speed of Data Link Processor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1069-1076.
- [7] J. Choi, "A Message Priority-based TCP Transmission Algorithm for Drone Systems," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 3, 2018, pp. 509-515.
- [8] Y. Chung, *A Study on the Quality Assurance methods and Management standards to Prevent Applying foreign-purchased Counterfeit Items*. Jinju: DtaQ, 2015.
- [9] U. Guin, "Counterfeit Integrated Circuits: A Rising Threat in the Global Semiconductor Supply Chain," *Proceedings of IEEE*, vol. 102, no. 8, 2014, pp. 1207-1228.
- [10] P. Van der Vaart, "Some aspects on the improvement of the MTBF of the power supplied to computers and related apparatus," *10th International Conference on Electricity Distribution*, Brighton, UK, 1989, pp. 402-405.
- [11] K. Lee, "A Case Study of Continuous Improvement Methodology by Calculated Quality-Cost," *J. of the Korean Society for Quality Management*, vol. 33, no. 3, 2005, pp. 19-30.

저자 소개



김병준(Byung-Jun Kim)

2011년 경북대학교 전자전기컴퓨터 학부 졸업(공학사)

2011년 ~ 2018년 : 한화시스템 품질경영팀 연구원

2018년 ~ 현재 : 국방기술품질원 지휘정찰센터 연구원

※ 관심분야 : 무선통신 시스템, 신뢰성 공학, 레이더 RF 시스템

